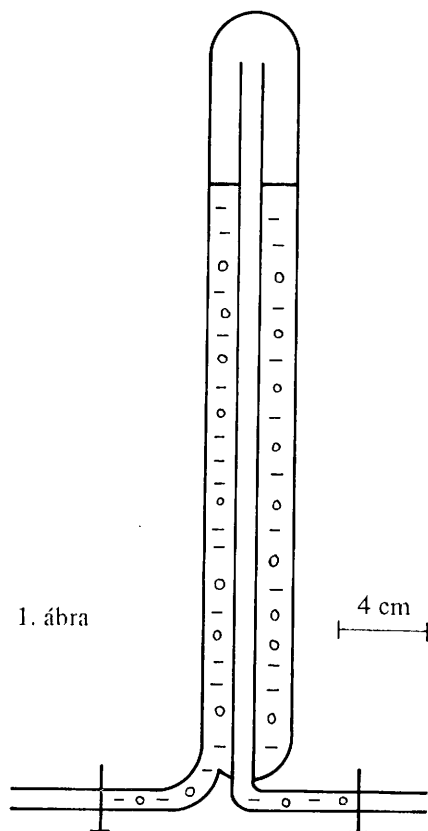


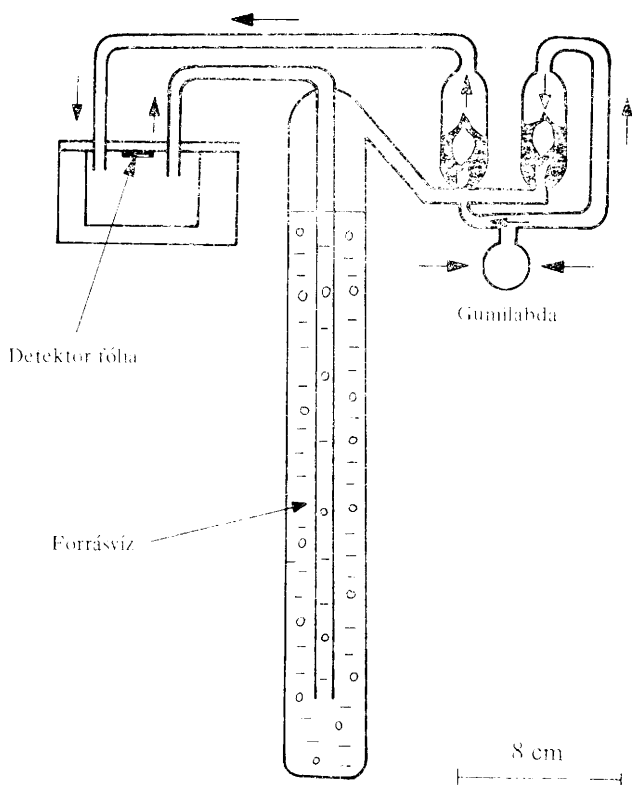
A FORRÁSVIZEK RÁDIUMTARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA NYOMDETEKTORRAL

DR. HIDASI KÁROLY

1. Források kijelölése és a vízminta vétele

Eger város belterületén a Petőfi tér és a fürdő környezetében a fedett mészkő-sasbércéből — 7—15 m vastag homokos kavicsrétegen keresztül haladva — törnek fel a régen ismert és kémiai vizsgálatokkal ellenőrzött langyos vizű források. Ez a langyos karsztvíz táplálja a fürdő és a strand forrásait, illetve medencéit, valamint ezt hasznosítják az Egri Vízmű fűtő kútjai is.





2. ábra: A vízben levő radongáz átáramoltatása
a besugárzó készülékbe

A rádium 226 és a radon 222 előfordulása és megoszlása a termálvizekben és forrásokban hasznos információt adnak a források természetét és minőségét illetően. Ezen radioaktív elemek mérésének módszerei közé tartozik a meleg víző források és lelőhelyeik közelében végzett gammasugaras vizsgálatok, valamint a vízminta vétele és az azt követő laboratóriumi alfa számlálás módszere.

A mérésre kiválasztott források közül kettő (Tükör és Török) meleg víző, egy pedig a (Petőfi) vízmű fűrt kútja volt.

A laboratóriumi elemzésre szánt vízmintákat egy éven keresztül (1977) folyamatosan minden hónapban begyűjtöttem. Továbbá ellenőrző mérések céljára még további hat hónapig (1978) gyűjtöttem és tároltam a vízmintákat.

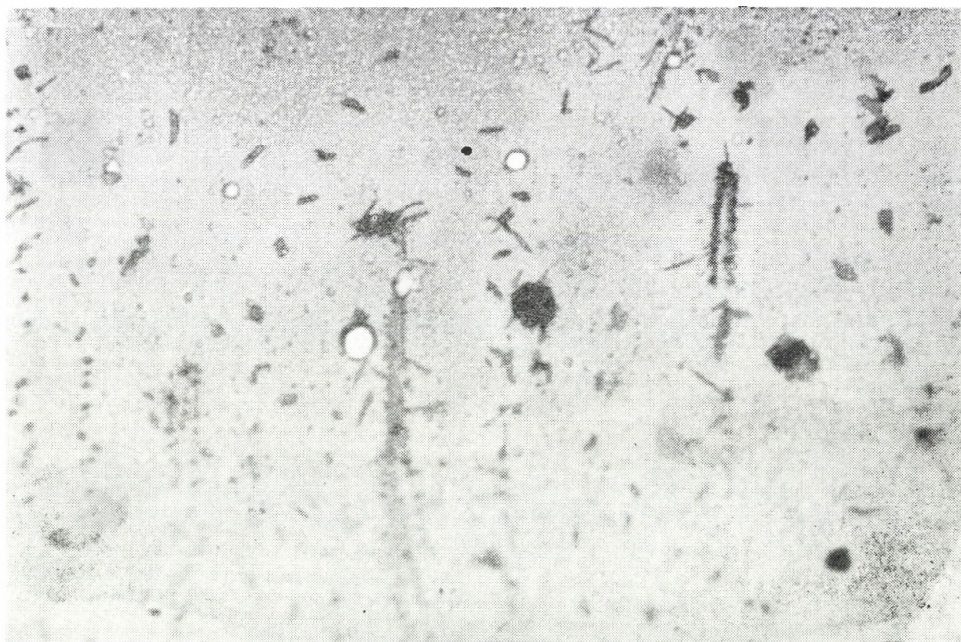
A laboratóriumban végzett mérésekhez a vízmintákat általában közvetlenül a forrásból — a felszínen feltörő helyről — légmentes edényekbe vettem. Ilyen módon minimálisra csökkentettem a radonvesztést, amely akkor fordulhatna elő, ha a vizet szűrőrendszeren, levegővel erősen szennyezett edénybe vezettem. A nyílásával lefelé fordított edényekben (1. ábra) fejlődő radongáz nem tud megszökni. A forrásvíz begyűjtésének időpontját és az összes szükséges

adatokat jegyzőkönyvben rögzítettem. A vízmintákat 25—30 napig tároltam és csak azután kezdtem a laboratóriumi vizsgálatokat. Így, — figyelembe véve a radon felezési idejét, csak a rádiumból újra képződöttet mértem. A módszer alkalmas a radon mérésre is, ha a vizsgálatot közvetlenül a vízminta vétele után végzem el. Azaz a két mérés mind a radon-, mind a rádiumtartalom meghatározását teszi lehetővé.

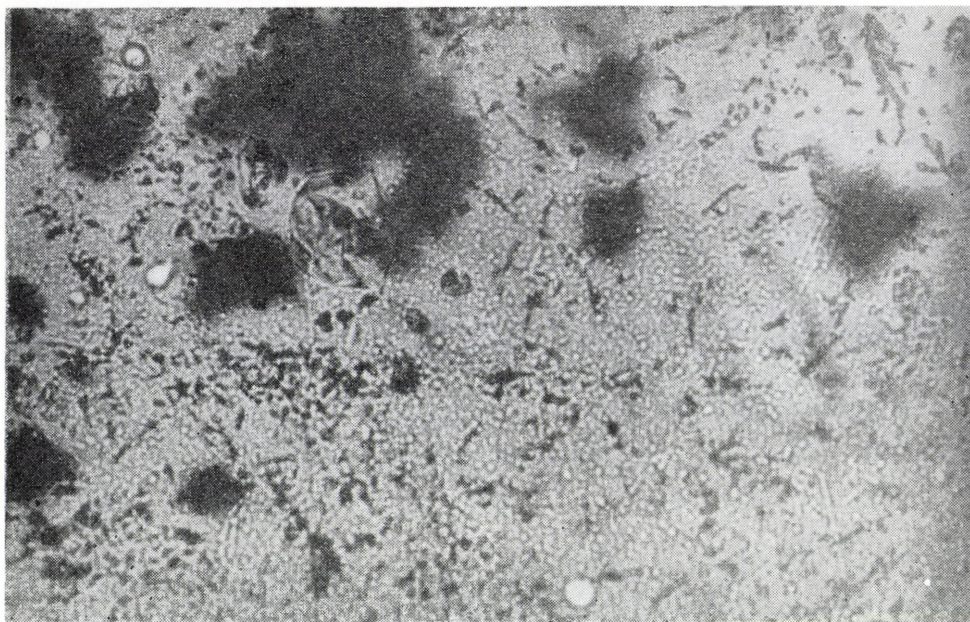
2. A kísérlet leírása és a mérési eredmények elemzése

a) Mivel a nyomdetektor összegző eljárást tesz lehetővé, ezért a korábbi manométeres aktivitás mérési módszer helyett ezt választottam és megvizsgáltam az alkalmazhatóságát. Ennél a mintát tartalmazó edény közvetlenül összekapcsolható a detektorával.

Kísérletem egyik célja éppen az optimális mérési eljárás kidolgozása volt a forrásvizek rádiumtartalmának meghatározására a képződött emanáció alapján. Több kísérleti eljárást alkalmaztam, míg végül is az eredményes vizsgálathoz egy újabb detektoranyag, az LR—115 Type II. adott lehetőséget. A detektorfóliát a 2. ábrán látható összeállításban helyeztem el. Ezzel a készülékkel a fejlődött radongázt 500-szoros öblítéssel áramoltattam a besugárzóba, majd lezárva négy napig gyűjtöttem a bomlásból eredő alfarészeket. Az eltelt négy nap után kémiai maratással előhívtam az alfarészek maratási nyomait. Az eseményszám a várakozás-



(3. ábra)



(4. ábra)

nak megfelelő volt, a háttérét lényegében meghaladta. Az eredmények egyértelműen szétválaszthatók voltak a vízminták térfogatviszonyainak megfelelően is. Ezek után mind a három forrásvizet külön-külön megvizsgáltam.

Az LR—115 Type II. detektornál 10%-os nátrium-hidroxidot (NaOH) használtam. A 10%-os nátrium-hidroxidot a forrásban levő metilalkohol gőz terébe helyeztem. A metilalkohol forráspontja (65 °C) ideálisnak tekinthető. Kimutatták, hogy a maratási sebesség hőmérsékletfüggő, a hőmérséklet növelésével nő ([1.], [2.]). Ezért célszerű lenne a maratást — időkímélés céljából — minél magasabb hőmérsékleten végezni, de a tapasztalatok szerint 70 °C fölött a túl nagy maratási sebesség következtében a nyomok minősége erősen romlik és az LR—115 vékony cellulóznitrát rétege leválik a hordozóról. A detektorokat vékony, szigetelt huzalra egymás fölé függesztettem úgy, hogy a 100—100 perc a legmegfelelőbb maratási idő. Az összes detektornál 110 perces maratási idővel dolgoztam.

Az előhívás után rövid ideig szárítottam a detektorokat, majd óvatosan desztillált vízzel leöblítettem, hogy a szennyeződéstől megtisztítsam. A vigyázatlan utókezelés miatt néhány detektor nem volt értékelhető. A desztilláltvízes tisztítás után a megszáritott detektorokat biztonságos és az azonosíthatóságot garantáló tárolókban helyeztem el. A fenti körülmények között kimaratót nyomok optikai mikroszkóppal jól láthatók voltak. A nyomüregek sűrűsége a nagytartalommal változtatható. A számlálásnál használt nagyítás 240-szeres volt.

I. táblázat: Török-forrás összesítő adatai

N°	Összesen (N)	Tiszta (N)	Térfogat (N/l)	N/l	Aktivitás (Bq/l)
I.	277 ± 6,0%	218 ± 6,7%	0,21	1038 ± 6,7%	65 ± 2,5%
II.	265 ± 6,1%	206 ± 7,0%	0,2	1030 ± 7,0%	65 ± 2,5%
III.	287 ± 5,9%	228 ± 6,6%	0,21	1086 ± 6,6%	68 ± 2,4%
IV.	274 ± 6,0%	215 ± 6,8%	0,21	1024 ± 6,8%	64 ± 2,5%
V.					
VI.	259 ± 6,2%	200 ± 7,0%	0,21	952 ± 7,0%	60 ± 2,5%
VII.	276 ± 6,0%	217 ± 6,8%	0,29	748 ± 6,8%	47 ± 2,7%
VIII.	258 ± 6,2%	199 ± 7,1%	0,2	995 ± 7,1%	62 ± 2,5%
IX.					
X.	324 ± 5,6%	265 ± 6,1%	0,28	946 ± 6,1%	58 ± 2,6%
XI.	300 ± 5,6%	241 ± 6,4%	0,254	949 ± 6,4%	59 ± 2,5%
XII.	312 ± 5,7%	253 ± 6,3%	0,27	937 ± 6,3%	59 ± 2,6%
	2832 ± 1,9%	2242 ± 2,1%	2,334	960 ± 2,1%	60 ± 2,9%

Egy látómezőre jutó átlagos nyomsűrűség: $38 \pm 6,9\%$ N/l

Mind a három forrásvíznek 12 hónapi vízmintáival elvégeztem a besugárzásokat, kémiai maratásokat és a nyomüregszámlálást. Minden detektornál 25 látómezőben számláltam le a nyomokat. Ezt az eljárást alkalmaztam a három forrásvíz 12—12 mintájánál. Ezeket az adatokat összegeztem az 1., 2. és a 3. táblázatban.

A nyomüregről dokumentálás céljából mikrofelvételeket készítettem. Az értékelésnél egységesen kis keresztmetszetű nyomokat, amelyek a detektor-hibákkal összetéveszthetők, figyelmen kívül hagytam.

2. táblázat: Tükör-forrás összesítő adatai

N°	Összesen (N)	Tiszta (N)	Térfogat (l)	N/l	Aktivitás (Bq/l)
I.	259 ± 6,2%	200 ± 7,0%	0,18	1111 ± 7,0%	70 ± 2,4%
II.	280 ± 6,0%	221 ± 6,7%	0,175	1263 ± 6,7%	79 ± 2,3%
III.	252 ± 6,3%	193 ± 7,2%	0,18	1072 ± 7,2%	67 ± 2,5%
IV.	278 ± 6,0%	219 ± 6,8%	0,175	1251 ± 6,8%	78 ± 2,3%
V.	235 ± 6,5%	176 ± 7,5%	0,155	1135 ± 7,5%	71 ± 2,4%
VI.	319 ± 5,6%	260 ± 6,2%	0,275	945 ± 6,2%	59 ± 2,6%
VII.	365 ± 5,2%	306 ± 5,7%	0,28	1093 ± 5,7%	69 ± 2,4%
VIII.	383 ± 5,1%	324 ± 5,6%	0,27	1200 ± 6,5%	75 ± 2,4%
IX.					
X.					
XI.	296 ± 5,8%	237 ± 6,5%	0,18	1317 ± 6,5%	83 ± 2,3%
XII.	342 ± 5,4%	283 ± 5,9%	0,248	1141 ± 5,9%	72 ± 2,4%
	3009 ± 1,8%	2419 ± 2,0%	2,118	1142 ± 2,0%	72 ± 2,7%

Egy látómezőre jutó átlagos nyomsűrűség: $46 \pm 5,8\%$ N/l

b) Mind a standardoldatok, mind a forrásvizek emanációtartalmának meghatározásához meg kellett állapítani a detektor háttérét.

A háttérsugárzás értékét — a későbbiekben „0” széria — úgy határoztam meg, hogy az LR—115 Type II. nyomdetektort a méréseknél használt körülmények között kezeltem, azzal a különbséggel, hogy a forrásvíz helyett desztillált vízzel telt mérőedényt használtam. A detektorok nyomüreg-sűrűsége a maratási idő növelésével egyre jobban nőtt. A 40—50 perces hívási időnél a nyomüreg-sűrűség átlaga 0,51—1,02 nyom/látómező, ezzel szemben a 110 perces hívási időre 1,36—3,28 nyom/látómező értéket kaptam három különböző detektornál.

3. táblázat: Petőfi-forrás összesítő adatai

N°	Összesen (N)	Tiszta (N)	Térfogat (l)	N/l	Aktivitás (Bq/l)
I.	252 ± 6,3%	193 ± 7,2%	0,3	634 ± 7,2%	40 ± 2,9%
II.	257 ± 6,2%	198 ± 7,1%	0,25	720 ± 7,1%	45 ± 2,8%
III.	280 ± 5,9%	221 ± 6,7%	0,275	804 ± 6,7%	50 ± 2,7%
IV.	285 ± 5,9%	226 ± 6,7%	0,27	837 ± 6,7%	53 ± 2,6%
V.	340 ± 5,4%	281 ± 6,0%	0,26	1081 ± 6,0%	68 ± 2,4%
VI.	246 ± 6,3%	187 ± 7,3%	0,28	668 ± 7,3%	42 ± 2,8%
VII.	370 ± 5,2%	311 ± 5,6%	0,3	1037 ± 5,6%	65 ± 2,5%
VIII.	250 ± 6,3%	191 ± 7,2%	0,28	682 ± 7,2%	43 ± 2,8%
IX.	256 ± 6,2%	197 ± 7,1%	0,27	730 ± 7,1%	46 ± 2,8%
X.	288 ± 5,9%	229 ± 6,6%	0,27	848 ± 6,6%	53 ± 2,6%
XI.	251 ± 6,3%	192 ± 7,2%	0,258	674 ± 7,2%	42 ± 2,8%
XII.	253 ± 6,3%	194 ± 7,2%	0,275	705 ± 7,2%	44 ± 2,8%
	3328 ± 1,7%	2620 ± 2,0%	3,315	790 ± 2,0%	50 ± 3,1%

Egy látómezőre jutó átlagos nyomsűrűség: $32 \pm 6,8\%$ N/l

A hitelesítési görbe felvételéhez a forrásvizek rádiumemanációjának meghatározásához 2,44 nyom/látómezt fogadtam el, ami közel a három mérés átlaga. A háttér fólia átlagos nyomsűrűségét mutatja a 3. ábra. A felvételen három nyom jól látható, több apró nyomot az értékelésnél nem vettem figyelembe. Ezt a módszert alkalmaztam minden mikroszkópikus vizsgálatnál. A felvételeket a főiskola amatőr laboratóriumában készítettük.

c) Az aktivitás-nyomsűrűség hitelesítő görbe felvételéhez szükséges törzsoldatot a Kossuth Lajos Tudományegyetem Kísérleti Fizikai Intézet (Debrecen) laboratóriumában készítettük el. Rádium-bromidot RaBr_2 oldottunk vízben és

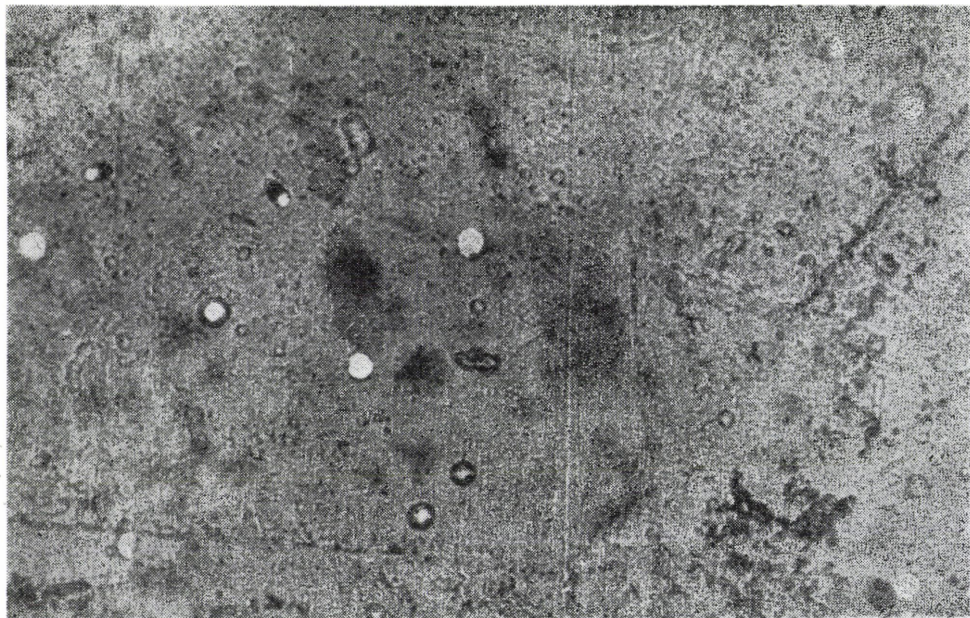
$1,85 \cdot 10^{-1}$ Bq/l; 1,85 Bq/l, 18,5 Bq/l és 37,0 Bq/l aktivitású standardoldatot készítettünk. Ezeket a törzsoldatokat a forrásvizekhez hasonlóan 25–30 napig tároltam, majd utána az LR—115 Type II. típusú detektort a méréseknél alkalmazott módon besugároztam. A kémiai maratásnál és a számlálásnál azonos körülményeket biztosítottam, mint korábban a forrásvizeknél. A „0” széria ismeretében meghatároztam a nyomszámot egy liter törzsoldatra vonatkoztatva. A törzsoldat mikro-felvételeit a 4., 5., ábra képei szemléltetik.

A törzsoldatokra meghatározott N/1 értékeinek felhasználásával elkészítettem a detektáláshoz is szükséges hitelesítési görbét (6. ábra).

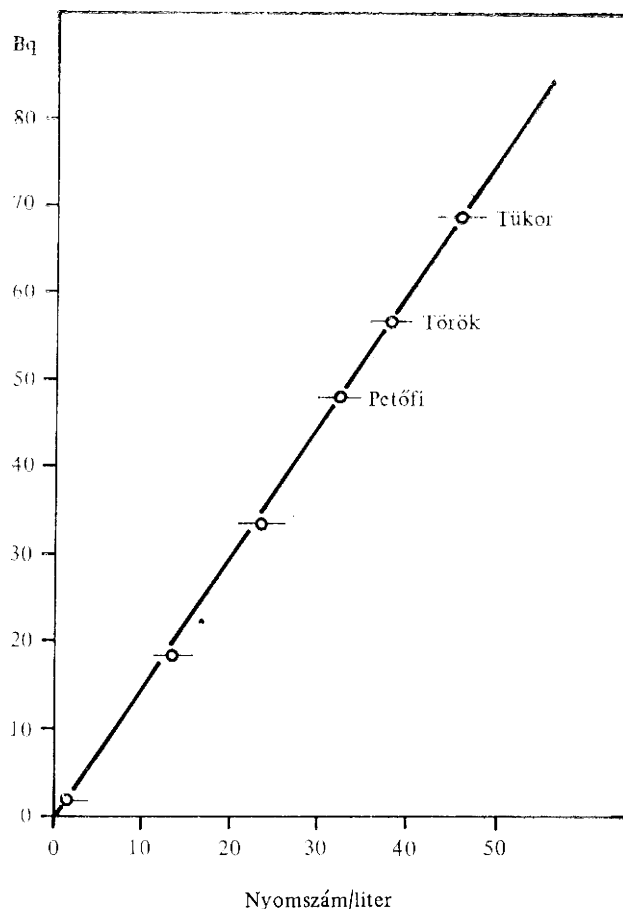
Megállapítható, hogy a törzsoldatok aktivitása és a hozzájuk tartozó nyom-üreg-sűrűség értékei arányosan növekednek (6. ábra jelzés nélküli pontjai).

A rendelkezésemre álló adatok „0” széria, törzsoldat, a forrásvizek nyom-üreg-sűrűsége, és a hozzájuk tartozó térfogat alapján interpolációs számítással meghatároztam mind a három forrásvíz rádiumtartalmát. Ezeket az értékeket tüntettem fel az 1., 2. és 3. táblázatok utolsó oszlopában. Mindegyik forrásvíznek kiszámítottam az egyéves átlagos N/1-sűrűség-elosztását és a hozzátartozó aktivitás értékét Bq/l-ben.

A Petőfi-forrás (3. táblázat) átlagos aktivitására $50 \pm 3,1\%$ Bq/l-t kaptam, ami 9–10 nyom/látómezőnek felel meg. A hitelesítési görbe alapján 49 Bq/l a rádium aktivitása.



(5. ábra)



6. ábra: Hitelesítési görbe

A Török-forrás (1. táblázat) átlagos aktivitására $60 \pm 2,9\%$ Bq/l-t kaptam, ami 11—12 nyom/látómezőnek felel meg. A hitelesítési görbe alapján 57 Bq/l a rádium aktivitása.

A Tükör-forrás (2. táblázat) átlagos aktivitására $72 \pm 2,7\%$ Bq/l-t kaptam, ami 14—15 nyom/látómezőnek felel meg. A hitelesítési görbe alapján 70 Bq/l a rádium aktivitása.

A mért és a hitelesítési görbe alapján kapott értékeket összehasonlítva megállapítottam, hogy az eredményeim elfogadhatóak és a módszer alkalmas forrás-vizek rádiumtartalmának meghatározására.

4. táblázat: A forrásvizek mérési eredményei 1952-től 1979-ig

Megnevezés	Mintavétel időpontja	Rádiumaktivitás Bq/l	Saját mérési eredmény Bq/l	Megjegyzés
Tükör	1952. VIII. 29. 1952. VIII. 30. 1957. IX. 18. 1958. IX. 17. 1959. IX. 3. 1967. IX. 28. 1971.* 1975. III. 7.	75 64 74 82 77 78 78 78	72 ± 2,7%	*Az 1950-es évek végén és az azóta végzett kontrollvizsgálatok során azonos nagyságrendű radontartalmat mértek. 1971. V. 18–19. „Eger minőségi vízgazdálkodása” című anketon mondta Gaál Lászlóné az Országos Közegészségügyi Intézet munkatársa.
Petőfi	1962. V. 22. 1963. IV. 25. 1971.*	51 33 47	50 ± 3,1%	
Tükör	1967. IX. 28. 1971.* 1975. IV. 22.	78 78 100	60 ± 2,9%	

3. A mérési eredmények összehasonlító értékelése

Az egri forrásvizek, valamint a vízmű fűrt kútjainak rádiumtartalmát rendszeres méréssel még nem végezték el. Az eddigi mérések — a rendelkezésemre álló adatokból megállapítható, hogy — alkalmasszerűen történtek. A mérések célja elsősorban a víz kémiai összetételének megállapítása volt, és nem a rádiumtartalomé.

Az egy és fél évig tartó vizsgálatom rendszeres és azonos körülmények között, azonos mérési eljárással történt, ezért az eredmények pontosabbak a korábbi méréseknél. A 4. táblázatban összefoglalóan ismertetem a vizsgált forrásvizek mérési eredményeit.

IRODALOM

1. Prince P. B., Walker B. M.: J. Appl. Phys. 34, 2903 (1963).
2. Silk E. C., Bernes R. S.: Phil Mag. 4. 970. (1959).
3. Várnagy M., Csikay Gy., Szegedi S.: Röntgen- és elektron dózis-mérés szilárdtestnyomdetektorral. Izotóptechnika Bp., 17. 1974. 480—483. old.
4. Várnagy M., Szabó J., Juhász S., Csikai J.: Nucl Instr. and Meth. 106 (1973).
5. Várnagy M., Csikai J., Szegedi S., Nagy S.: Nucl. Instr. und Meth. 89 (1973).
6. Várnagy M., Csikai J., Szegedi S.: Nucl. Instr. and Meth. 119 (1974).
7. Várnagy M., Csikai J., Szabó J., Szegedi S., Bánhalmi J.: Nucl. Instr. and Meth. 119 (1974).
8. Hidasi K.: Egri forrásvizek rádiumemanációjának mérése szilárdtest nyomdetektorral. Debrecen, 1980.

SUMMARY

This paper is a summary of the present achievements in the qualitative investigation of spring-waters in and near Eger, as well as an account of my own scientific research.

One of the basic aims of my survey was to work out an optimum pattern of measuring the radium content of spring-waters. In the present investigation the LR—115 Type II. track detector was applied instead of the earlier method based on the measurement of the activity by a manometer. Results prove the applicability of the track etched detector technique for such investigation. Taking into account the limits of errors no substantial difference can be observed in the radium content of the three springs investigated.